

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

⑫ 公表特許公報(A)

昭63-503097

⑬ 公表 昭和63年(1988)11月10日

⑭ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

審査請求 未請求

G 02 B 17/06

8106-2H

予備審査請求 未請求

部門(区分) 6(2)

(全 6 頁)

⑮ 発明の名称 実入射瞳を有する反射光学トリプレット

⑯ 特 願 昭62-502389

⑰ 翻訳文提出日 昭62(1987)12月10日

⑱ 出 願 昭62(1987)3月17日

⑲ 国際出願 PCT/US87/00556

⑳ 国際公開番号 WO87/06359

㉑ 国際公開日 昭62(1987)10月22日

優先権主張 ㉒ 1986年4月14日㉓ 米国(US)㉔ 851,325

㉕ 発 明 者 クック, ラシイ・ジー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 90245 エル・セグンド, ブ
カリブツ・ドライブ 615㉖ 出 願 人 ヒューズ・エアクラフト・カン
パニーアメリカ合衆国 カリフォルニア州 90045-0066 ロサンゼ
ス, ヒューズ・テラス 7200

㉗ 代 理 人 弁理士 鈴江 武彦 外2名

㉘ 指 定 国 A T (広域特許), B E (広域特許), C H (広域特許), D E (広域特許), F R (広域特許), G B (広域特許), I T
(広域特許), J P, L U (広域特許), N L (広域特許), S E (広域特許)

請求の範囲

1. 遠距離にある物体を結像する少なくとも3枚のミラーを規定する手段を有し、さらに光軸及び開口絞りを有する全反射で非リレー構成の光学システムであり、

前記物体から放射線を受ける1次ミラーを規定する手段と、

前記1次ミラー手段から反射した放射線を受ける2次ミラーを規定する手段と、

前記2次ミラー手段から反射した放射線を受ける3次ミラーを規定する手段と、

前記遠距離にある物体の像を形成すべく前記3次ミラー手段から反射した放射線を受ける像平面を規定する手段と、

前記1次ミラー手段の前面に設けられた入射瞳を規定すると共に前記放射線の入射が前記1次ミラー手段に当たるのを可能にする手段とを具備し、

前記入射瞳手段が前記光学システムの開口絞りに一致する全反射で非リレー構成の光学システム。

2. 前記1次ミラー手段が前記光軸の回りに実質的に対称的に設けられ、前記1次ミラー手段と、前記3次ミラー手段と、前記像平面手段と、前記入射瞳手段とが実質的に前記光軸外に設けられた請求の範囲第1項に記載の光学システム。

3. 前記1次ミラー手段が正の凹状曲率を持つように規定され、前記2次ミラー手段が負の凸状曲率を持つように規定され、前記3次ミラー手段が正の凹状曲率を持つように規定

された請求の範囲第2項に記載の光学システム。

4. 前記像平面手段に沿って設けられたイメージセンサを規定する手段をさらに具備して前記イメージセンサ手段が前記像を検知するようにした請求の範囲第3項に記載の光学システム。

5. 遠距離にある物体を結像する少なくとも3枚のミラーを規定する手段を有し、かつ光軸を有する全反射で非リレー構成の光学システムであり、

前記物体から放射線を受けるべく凹状1次ミラーを前記軸外に規定する手段と、

前記1次ミラー手段から反射した放射線を受けるべく凸状2次ミラーを前記軸上に規定する手段と、

前記2次ミラー手段からの放射線を受けるべく凹状3次ミラーを前記軸外に規定する手段と、

像平面に沿って設けられたイメージセンサを前記軸外に規定すると共に前記3次ミラー手段から反射する放射線を受け、前記3次ミラー手段から反射する前記放射線が前記遠距離にある物体の像である手段と、

前記1次ミラー手段の前面に設けられた入射瞳を軸外に規定すると共に前記物体からの放射線を入射する開口を規定する手段を有する手段と、

前記入射瞳手段に一致する開口絞りを規定する手段とを具備する全反射で非リレー構成の光学システム。

6. 前記開口手段がシステムを航空機内の覗き窓に光学的に結合可能にする寸法を有する請求の範囲第5項に記載の光

学システム。

7. 前記開口手段がシステムを低温冷却されたデュワー瓶状エンクロージャの真空窓に光学的に結合可能にする寸法を有する請求の範囲第5項に記載の光学システム。

8. 前記開口手段がシステムを焦点式テレスコープの射出瞳に光学的に結合可能にする寸法を有する請求の範囲第5項に記載の光学システム。

実入射瞳を有する反射光学トリプレット

発明の背景

この発明は、電磁放射線用結像システムに関し、特に結像システムの前面に設けた実入射瞳を有する多構成反射素子を具備する結像システムに関する。

電磁放射、特に可視光線及び赤外線放射に関する放射スペクトルの結像システムが広く使われている。本発明は特に、テレスコープによって遠い物体を結像することに関する。

テレスコープの光学素子は一般に反射式か又は屈折式である。球面収差、コマ、非点収差、像面湾曲を補正するのに必要な最小パラメータを提供するための前記光学素子の最小数は一般に3であることが知られている。3つの光学素子を具備するテレスコープ又は結像システムは一般にトリプレットとして知られている。トリプレットに共通する構成として屈折光学素子を使用しており、概して2つの正のレンズ間に挿入された負のレンズを具備する。屈折トリプレットは、収差を補正するのに効果があるので多くの結像システムに応用されているが、その他の応用に関しては問題がある。屈折トリプレットの大きな欠点の一つとして、大きな開口絞りを必要とする場合、その応用が容易でないことである。この欠点は費用の点と大形のレンズ素子を正確に製造することが難しいことに由来する。その上、大形レンズ素子は種々の方向に向

けた時、曲がりやすいので像の品質が全体的に低下してしまう。屈折結像システムの他の欠点は、レンズの材料が波長又は所定範囲の波長に対して完全に透明でないことである。レンズ素子によって放射が吸収されれば、その程度がどうであれ像の品質の低下につながる。

以上の欠点を克服すべく、ミラーなどの反射素子を使って放射を集束して観測する従来の技術が知られている。反射光学素子は、屈折レンズ素子と比較して、大形のものを構成するのがそんなに困難ではないので、多くの大きな開口絞りに応用することが可能である。その上、反射素子は任意の厚さに製造できるので、曲りを最小に抑えることができる。さらに、反射素子は屈折素子と比較して、軽量の材料から出来ているので空中及び宇宙への応用に適している。さらに、反射光学系は、屈折光学素子に附随する前述したような不透明の問題を避けることができる。

多くの従来の反射トリプレットは、遠い物体から結像システムに入る光が、先ず1次ミラーに当り、2次ミラーに反射し、さらに3次ミラーに反射して最終的に遠い物体の像を形成する像平面に集束するように構成されている。

従来の反射トリプレットの大きな欠点は光学素子の配置にある。一般に、3つのミラーが全て光学系の光軸上に配置されており、したがってそれらの視野もまた光軸に沿っている。この配置は、遠い物体から結像システムに入る光の有効部を遮る。従来のこのミラーの配置は結像システムの視野を制限しミラー間の屈折力分布に影響をおよぼす。さらにこの設計

では迷光が像平面に到達しないようにするバフリングの効果も十分に提供できない。

これらの欠点を克服するために、反射トリプレットを使用することによって光学システムを構成する従来の技術があるが、これは視野が偏心的である、すなわち視野が結像システムの光軸上になく全体的に結像システムの側部に存在する。

偏心的トリプレット光学システムの一例として米国特許第4,240,707号(W. Wetherell及びD. Wemble)があり、ここに参考文献として取上げた。このWetherell特許は全反射で偏心的視野の非リレー構成の光学システムについて記載している。この光学システムは光軸上に開口絞りを持つ反射トリプレットを具備し、前記開口絞りは物理的に2次ミラーに設けられている。この光学システムの入射瞳は虚像であり、前記光学システム後部の遠距離に存在する。

入射瞳が虚像であることから、かなりのビームワングが前記光学システムの前面で起こるという欠点が生じる。このビームワングは、小さな覗き窓を通して観察する光学システムの場合は像の品質に悪影響を与える。

米国特許第4,265,510号は本発明の譲受人に譲渡されているがこれは全反射で偏心的視野の光軸外リレー構成を有する光学システムについて記載しており、1次ミラーの前面に入射瞳を持ち、開口絞りが3次ミラーと像平面間に設けられている。リレー構成の光学システムなので視野絞りが2次ミラーと3次ミラー間の中間像を形成する点

に設けられている。この構成は、迷放射を除去することが重要となる場合は特に有用である。前述した米国特許第4,265,510号に開示された実入射は前記ビームワングを減少させ、さらにリレー構成なので視野絞りと開口絞りとを光学システムに含めることができる利点がある。しかしながら迷放射の除去が重要でない場合は次のような問題を生ずる。即ち光学素子の寸法と光学素子間のスペースのため光学システムが大形になりやすい。また、一對の像を形成する場合全体として大きな屈折力を必要とする。この場合、第1の像は視野絞りに存在し第2の像は像感知点で再度結像する。全体的に大きな屈折力を必要とするため、調整ミスによる像の品質の低下が大きい。視野の大きさも同様に限定される。

発明の摘要

光学システムの前面に、接近可能な実入射瞳を持つ反射式光軸外非リレー構成のトリプレット光学システムによって前記の問題が克服され同時に他の利点を実現される。

本発明の実施例によれば、光学システムは正の凹状1次ミラーと負の凸状2次ミラーと正の凹状3次ミラーとを具備する3枚のミラー素子を具備する。前記ミラーは、システムが開口角及び視野角内でかつ光軸外で使用するよう構成される。1次ミラー前面には結像用放射を光学システムに入射する入射瞳を設ける。

本発明による光学システムによれば、開口絞りと入射瞳は縮退して開口絞りは入射瞳と一致する。それゆえ、定義によれば、全ての視野角に対して開口絞りが入射瞳と一致す

る位置に設けられるものとする。動作時、遠い物体（図には示さず）から放射された光はビーム42で示されるように前記光学システム10の素子によって反射され前記イメージセンサ上で結像する。

この非リレー構成トリプレットの欠点は第2図を見れば明らかである。ビーム22の延長点線が光学系10の虚入射瞳を形成する集束点26に交差する。虚入射瞳は光軸12の回りに対称的に形成され光学システム10の後部に存在する。

前記虚入射瞳の存在によって、光学システム10の前面に概して矢印24で示される大きなビームワングを生ずる。この大きなビームワング24は前記イメージセンサ20に到達する像の品質に悪影響を与え、孔又は窓を介して物体を観察する場合、実質的に光学システム10の使用ができなくなる。

接近可能な実入射瞳を有する本発明の3枚素子の偏心的非リレー構成の光学システム30が第3図及び第4図に開示されている。前記光学システム30は光軸32を有し光軸外にある正の凹状1次ミラー34と光軸上にある負の凸状2次ミラー36と光軸外にある正の凹状ミラー38と像平面40とを具備する。前記像平面40には概してイメージセンサ41が設けられる。実入射瞳44は光軸外に設けられ遠距離（図には示さず）から放射される放射ビーム42を入射する。前記ビーム42は先ず前記1次ミラー34に当り次に前記2次ミラー36及び前記3次ミラー38に反射し、目標物である前記イメージセンサ41に当たる。

本発明の前記実入射瞳44は従来の光学システムと比べて

るので視野作用のようなビームワングが起こらない。

結果的に、本発明の光学システムは、可変でかつ2次元の大きなアスペクトレシオを有する視野の比較的高速度の光学システムに適している。

図面の簡単な説明

本発明の前述した諸相及び他の特徴を、添付図面を参照して説明する。

第1図は、従来の3枚構成のミラーから成る偏心的非リレー構成の光学システムを示す側面図である。

第2図は、第1図の線2-2についての平面図である。

第3図は、本発明の3枚構成のミラー光学システムの望ましい実施例の子午的平面についての側面図である。

第4図は、第3図の線4-4に沿うサジタル平面についての平面図である。

本発明の詳細な説明

本発明の特徴及び利点を理解するために従来の技術について簡単に述べる。第1図及び第2図は3つの素子からなる全反射で偏心的非リレー構成の光学システムの従来技術を示しており、遠い物体を結像するのに使われる。図からわかるように、反射トリプレットによって形成される光学システムを参照番号10で示す。この光学系は光軸12を有し、正の1次ミラー14と負の2次ミラー16と正の3次ミラー18とイメージセンサ20とを具備する。開口絞り17が光軸12の回りに対称的にかつ物理的に前記2次ミラーに設けられる。図には示さないが全ての光学素子は通常の構成どおりそれぞ

いくつかの利点を備えている。

その一つは、光軸外にある前記入射瞳44は前記光学システム30の開口絞りに一致することである。この開口絞りは光軸外にあるので、前述した従来の非リレー構成の光学システムのように前記開口絞りを光軸上の前記2次ミラー16に設ける必要がない。定義によれば、前記実入射瞳44は虚入射瞳の存在を除外する。すなわち、従来の光学システム10の大きなビームワングの欠点は克服されるがこれは、前記光学システム30の矢印46によって概して示される視野端部の放射線の位置を、第2図の矢印24が示す従来の光学システムの視野端部の放射線の位置と比較して見れば容易に分かる。本発明が示すようにこのビームワングの大幅な減少によって光学システム30の像の品質が改善される。

本発明の前記実入射瞳44の他の利点は、前記入射瞳は小さくできるので視野窓が必要な結像システムにも応用することが可能である。

実入射瞳44と共に使用される視野窓（図には示さず）の一つとして真空窓がある。概して前記真空窓は低温にて冷却されたデュワー瓶状光学システムであり、光学素子と、放射に感知するイメージセンサとを含むアセンブリが排気されて低温に維持される。このような低温冷却光学システムは概してスペクトルの赤外領域の像放射に使用される。

視野窓を必要とする他の応用として、視野孔を介して放射を受けるように設計された光学システムがあり、この光学システムは飛行機又は宇宙船に搭載して使用すべく設計されて

いる。

接近可能な入射瞳が利点となる他の応用は、物空間走査ミラー又は指向ミラーを前記入射瞳に近接することによって前記物空間走査ミラー又は前記指向ミラーの寸法を開口絞りに対して小さくすることが可能である。

さらに、本発明の比較的小さな入射瞳44が利点となる応用としては、焦点式望遠鏡などのように光学系30が他の光学系の射出瞳を介して遠い物体を観察する場合である。この応用においては前記光学システム30は前記焦点式望遠鏡の結像装置としての機能を持つ。概して前記結像装置に要求されることは、前記結像装置の入射瞳が前記望遠鏡の比較的小さな射出瞳に一致することである。すなわち、本発明による小さなサイズの入射瞳44によって前記光学系30を小さな射出瞳を有する焦点式望遠鏡の結像装置として使用可能となる。

前述したような従来の前記光学システム10のように虚入射瞳の回りに大きなビームワンドが存在する場合は、前記結像システムの上記した貴重な様々な応用例が不可能になる。

容易に理解されるように、実行しようとする応用によって、本発明の光学システム30は多くの異なる実施例を有する。例えば、意図する応用が、光学システム30を前述したような低温において真空窓と共に用いる場合なら、真空窓の面積と形状とが射出瞳の相応する面積と形状とを決定する。同様に、光学システムを航空機に搭載する場合は、視野窓の寸法及び前記光学システム30の物理的寸法及び重量など他の事

柄が本発明の特定した実施例に影響を及ぼす。それゆえ、光学コンポーネントの配置、各コンポーネントの寸法及び曲率、及び特定した実施例の他の重要な特徴の決定はCAD(コンピュータ補助によるデザイン)技術、特に光学システムのデザイン用として現在使用されている光線追跡によって容易に達成される。さらに、デジタルコンピュータによる光学表面のデジタル的記述が、現在、光学素子の製造において使用される自動研磨盤の駆動に欠くことができないフォーマットを有する。

本発明の光学システム30は、概して $F/3.0$ から $F/4.0$ の範囲の比較的高速なシステムスピードに適している。前記光学システム30は、2次元かつ大きなアスペクトレシオ、通常、 $20^\circ \times 1^\circ$ の視野に対して適している。円錐形かつ一般非球面のミラー構成が、本発明によって可能となる様々な実施例において使用される。また、本発明は、様々なレベルの像品質を達成する光学システム30を提供し、前記像品質は10から100マイクロラドの範囲にある。

前記光学システムの特定された処方が次の表によって与えられる。例えばコンピュータによって作成された特定の処方に応じて構成されたシステム30の実施例の光学的特性は子午的平面において 1° の視野及びサジタル平面において 20° の視野を有する。入射瞳40は尺度単位で10単位の直径すなわち10インチ又は10センチメートルの直径を有する。実効焦点距離は40単位でありしたがってFナンバーが $F/4.0$ となる。子午的平面における視野の中心に対する

光軸外角度は 8° である。

さらに表に述べたデータの重要性を解釈する助けとして次に説明を述べる。

RDで示された列は尺度単位すなわちインチ又はセンチメートルで表わされた特定のミラー表面の半径である。マイナスの印は曲率の中心がミラー表面の左側にあることを示す。次のCCで示された列は円錐定数であり円錐曲線(2葉の円錐面による平らな切口)の離心率を2乗してマイナスを付けたものに等しい。1次ミラー34の表面の形状は双曲面である。2次ミラー36の形状は楕円体である。3次ミラー38の形状は偏球であり、光学システムの光軸に直角なxy平面について測定した半径のうち第4番目の半径の屈折力について測定した非球面収差係数を有する。この非球面収差係数は第4番目の半径の屈折力に関連する。

座標系において、光軸32を1次ミラー34の中心を通るz軸とする。y軸は子午的平面にありx軸はサジタル平面にある。第3図は、子午的平面について光学システムを見た場合であり、z軸が右方向を指し、y軸が上方を指し、さらにx軸がこの紙面を指す。第4図はサジタル平面について光学システム30を見た場合であり、z軸は右方向を指し、x軸は上方を指し、さらにy軸はこのページの紙面から出る方向を指す。この表の次の列におけるZはz軸に沿って計った各ミラー表面の頂点までの距離である。マイナスの印は距離が1次ミラー34の頂点の左側にあることを示す。次の列は傾斜を表わす。前記ミラー表面のそれぞれは回転面として形

成され、これは円錐部を軸の回りに回転すればよい。この軸はz軸に平行であるか又はyz平面について傾斜される(xz平面ではない)。傾斜度の正の番号はxyz座標系に関して反時計回りの方向における傾斜を表わす。

円錐部の軸の回りの回転に関して、楕円の場合は、回転は楕円の長軸の回りに起こる。1次ミラー34及び2次ミラー36の場合、回転は長軸の回りに起り、これは円錐定数のマイナスの印によって示される。しかしながら、3次ミラー38が偏球の場合は、表面は短軸の回りに楕円を回転させることによって形成される。複素数を使えば離心率を数学的に記述することができ、この場合離心率は純虚数である。それゆえ、離心率を2乗するとマイナスの印が付加されて表に示されたように3次ミラーに対する円錐定数は正となる。

表の最後の列はYDで示され偏心距離を意味する。偏心はy軸に沿った尺度単位で測定され表面の頂点の座標系の原点からの位置を表わす。

偏心調整、すなわち各ミラー又は他の光学素子の頂点の位置合せは傾斜角の決定に先だて行われる。

表

システム30の特定された実施例の処方					
#	種類	RD (尺度単位)	CC	Z (尺度単位)	TILT (度)
44	入射軸	—	—	-22.778	—
34	1次ミラー	-77.237	-2.023	0	—
36	2次ミラー	-28.662	-0.4924	-20.0	—
38	3次ミラー	-38.987	0.1906	0	1.158
40	像平面	—	—	-27.488	1.014

* 一般非球面係数 R^4 は 0.10304×10^{-4}

前述した実施態様は単なる例であり、その変更態様が当業者にとって可能である。したがって、本発明はここに開示された実施例に限定されなく、添付の請求の範囲によってのみ限定される。

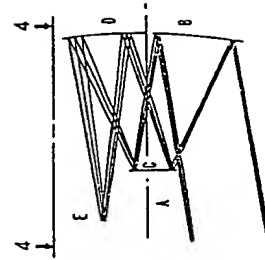


Fig. 3.

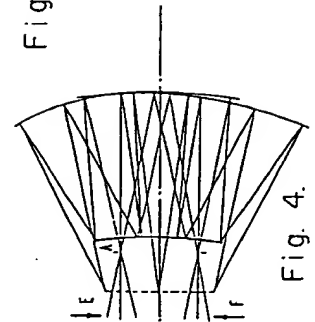


Fig. 4.

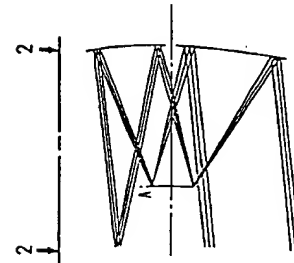


Fig. 1.

(先行技術)

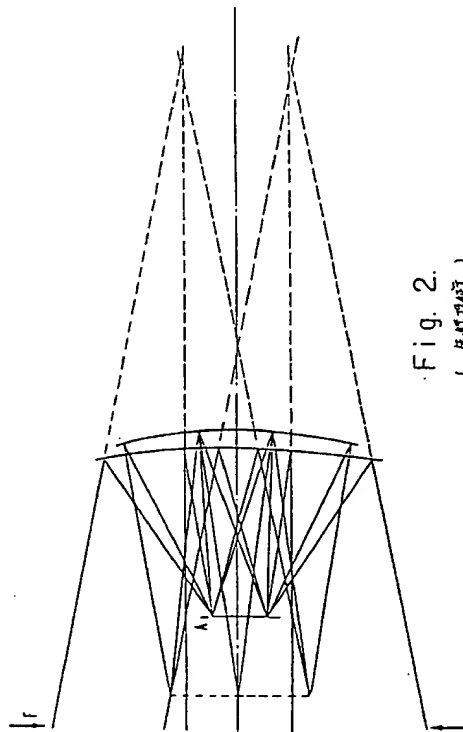


Fig. 2.

(先行技術)

国際調査報告

International application No. PCT/US 87/00556

1. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (a) International classification symbol: G 02 B 17/06		
(b) According to International Patent Classification (IPC) or to both national Classification and IPC		
IPC: G 02 B 17/06		
2. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched: Classification System: IPC: G 02 B 17		
Documentation Searched other than Minimum Documentation: In the Event that such Documentation is Included in the Fields Searched:		
3. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT:		
Category:	Relevance of Document, if not indicated, where appropriate, of the relevant passages:	Relevance to Claim No.:
Y	US, A, 4265510 (L.G. COOK) 5 May 1981 see claims; figures	1, 2, 3, 5
A	Applied Optics, volume 19, no. 21, 1 November 1980, Optical Society of America, (New York, US), D. Korsch: "Design and optimisation technique for three-mirror telescopes" pages 3640-3645 see the whole document	1, 8
A	Optical Engineering, volume 24, no. 2, March/April 1985, Society of Photo- Optical Instrumentation Engineers, (Bellingham, Washington, US), I.M. Egdall: "Manufacture of a three-mirror wide-field optical system", pages 285-289 see the whole document	1, 7
4. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search:	Date of Mailing of this International Search Report:	
13th July 1987	14 SEP 1987	
International Searching Authority:	Signature of Authorised Officer:	
EUROPEAN PATENT OFFICE	M. VAN MOL	

Form PCT/ISA 210 (second sheet) January 1986

International Application No. PCT/US 87/00556

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON

INTERNATIONAL APPLICATION NO. PCT/US 87/00556 (SA 16819)

This Annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 23/07/87

The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A- 4265510	05/05/81	EP-A,B 0019447 JP-A- 56022407	26/11/80 03/03/81
FR-A- 1393577		None	
US-A- 4240707	23/12/80	None	
US-A- 3674334	04/07/72	GB-A- 1336801	14/11/73
US-A- 4632521	30/12/86	None	

B. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)		
Category	Category of Document and indication, where appropriate, of the relevant document	Relevance to Claim No.
A	FR, A, 1393577 (SOC. EUROPEENNE DE MATERIELS SPECIAUX) 15 February 1965 see claims	1
A	US, A, 4240707 (W. WETHERELL) 23 December 1980 see claims	1
A	US, A, 3674334 (A. OFFNER) 4 July 1972 see claims; figures	1
A	Optical Engineering, volume 14, no. 6, November/December 1975, D. Korsch: "A three-mirror space telescope", pages 533-535 see the whole document	1,6,8
X,P	US, A, 4632521 (D.G. KORSCH) 10 December 1986 see claims	1

Form PCT 450 916 (Letter: Annex) (January 1986)

For more details about this annex:
see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82